稻田生態對環境保育之影響

謝　森　展
國際美育自然生態基金會

摘　要

現代農民靠昂貴的無機化學肥料及化學農藥生產水稻，結果造成了土壤及水之污染，並影響自然生態環境。本文針對下述問題加以探討：(1)農工生產活動所造成的地球環境生態之變化；(2)在亞熱帶地區增加稻米所面臨的問題；(3)水稻生態之特性及其功能；(4)稻田用水之管理對環境之影響；(5)氣象對稻田用水之影響；(6)稻田灌排水對稻田生育、產量及稻米品質之影響；(5)氣象對稻田用水之影響；(6)稻田灌排水對稻田生育、產量及稻米品質之影響；(7)稻田灌溉方法對水資源之影響；及(8)稻田輪作對自然生態系之影響。在本文中强調以推行不同化學肥料及化學農藥爲主之稻有機栽培及實施綜合性病蟲害防治(IPM)來維護稻田之生態環境。

前　言

稻米爲亞洲人之主食，所以在亞洲國家，它是五穀之首，成爲亞洲文化發展之中心，其原因除氣候因素如雨量較爲充沛，氣候較爲溫暖外，一般東方人較爲偏好米食也是重要原因之一。有些人長期不吃飯而只吃麵包是受不了的。也許米飯對東方人的胃有很好的緩衝或保健作用，所以常有一些生病的人，其家人都會煮些稀飯給他們吃，其身心就會較爲舒暢。因此在東方國家，完全沒有米似乎是不行的。

稻米不但在亞洲非常的重要而且在北美洲、南美洲、非洲及大洋洲國家也非常重要。稻米生產除品種外，栽培技術亦非常的重要。栽培技術中肥料尤其化學肥料之施用及水的利用與稻米之增產關係最大。化學肥料施肥方法不當會時引起環境之污染，水的利用不當也會造成稻田生態之改變，故如何一方面保育稻田之生態環境，另一方面增加稻米生產成爲最重要的研究課題。

地球環境生態之變化

隨著工農商業之發達，世界各地之森林普遍遭受濫伐而失去涵養水源及保護土壤之功能。工廠和交通運輸工具之廢氣和廢水，以及各種農藥都不斷地排入空氣中或河川，破壞或污染我們的生態和環境，如果不設法防止，將會給人類帶來嚴重的災難。北極圈臭氧層破洞之擴大，地球表面二氧化碳含量之增加而造成溫室效應，是全球人士都非常關切之問題。此外許

多國家空氣中二氧化碳、氟化物、氨化物、乙稀、臭氧、PAN 或落塵等各種空氣污染物繼續增加而鳥類或昆蟲卻逐漸減少，河中BOD、COD、重金屬或其他各種有害物質不斷增加而魚類卻逐漸失去蹤影等等都是非常嚴重的警訊。這些空氣污染物及水污染物除會直接影響人體健康或生活環境品質外，更會污染各種農林漁牧產品而間接影響到人體健康，所以如何在工農商業進步發展中，仍能繼續維持良好之生態環境品質是非常重要的。

現代的稻米生產大部份靠化學肥料及化學農藥之大量使用來生產。這種依靠化學產品爲基礎的稻生產技術，雖然大大地提高了稻米的產量，但對自然環境生態及整體經濟上之影響，並非全部是正面的，有時也發生了水的污染問額。現代式農耕法的實施，有時反而會使農場之收入減少。由於這些現象之發生「如何讓現代農業生產體系永續下去」一問題引起全世界的農民、研究者及訂定政策者的莫大關心。爲研究出一個不會對環境發生不良影響的農作物生產體系，1991年9月6日在紐約聯合國大廈的會議廳內，成立了世界永續性協會(World Sustainable Agricultural Association, WSAA)。自然農法或永續性農業之理念是世界性的，其觀念應該相同，但其作法或實施對策可以因各國及各地區之農業環境的不同而有所不同。

在亞熱帶地區增加稻米生產力所面臨的問題

台灣屬於亞熱帶地區，所以台灣的稻米生產上所面對的問題與其他亞太地區者頗爲相似。在亞熱帶之不同生態區域內，由於環境條件不同其物理性、化學性、生物性及社會經濟性，都可能成爲農業增產之阻力。雖然年中的氣候適於不同作物的栽培，但下述環境變化就可以影響其生產力：(1)降雨之時間、雨季之長短及下雨之密度；(2)未能預測的乾旱期間、洪水期間及其他環境條件之忽然變化，(3)夏天土壤溫度及水溫之驟然增高，對作物之生長有不良的影響；(4)在溫度高的亞熱帶地區，常因陰天多光照不足，而降低作物之光合作用效率。與土壤有關的作物生長障礙有(1)土壤之脆弱性及沖刷性；(2)有機物之快速分解；(3)土壤酸度之提高；(4)在集約栽培下之土壤養分之缺失，及有害物質之累積等。

水稻生態特性及功能

水稻是好水及耐熱之作物，它在潮濕而酷熱的環境下提供我們豐富的高熱能糧食，沒有它，我們在熱帶及亞熱帶地區要取得糧食可能沒有那麼方便。水稻在低窪的沼澤地也可以生長，在泰國眉公河地區，印尼的沼澤地及非洲甘比亞的深水地，也照樣可以生長而成爲深水稻(deep water rice)。深水稻之稻稈可隨水深之深淺而伸長或縮短，成爲非常獨特的生長，因爲乾旱時期水之來源完全靠雨水，所以通常稱爲看天稻或旱稻。稻也能在土壤環境不良之下(如沙烏地阿拉伯之鹽分地)生長。水稻能在烈日下或在樹蔭下生長，因爲其適應性很廣，所以能在世界各地栽培。水稻的栽培除可以解決糧食問題外，對環境景觀有附帶性之價值。在水稻之生育期間，田間成爲綠意盎然之景觀，在成熟期則現出詩情畫意的鄉村風光。稻之生育期間更爲我們淨化了污濁的空氣，提供清新的氧氣。一些污濁的水或病蟲叢生的土壤經過栽培水稻之後都會隨之淨化，而它的栽培方法非常簡單而容易不一定要使用化學肥料和化學農藥即可栽培，所以我們必須加强研究發展水稻，以確保我們的糧食並淨化我們的環境。

稻田用水之管理對環境之影響

水稻之一生自挿秧至收穫期間需要充分的水方能生長。水太多成爲淹水狀態時對稻之生長會有不良的影響，因此稻田之灌漑排水之調節成爲非常重要。灌漑水質不良時所生產的稻米之品質大爲降低。灌漑水中若有重金屬的污染，所生產的稻米有害於人之健康，所以不能食用。如何避免使用有污染的灌漑水顯得特別重要。

台灣由於工業發達及養豬業之興隆所排放的水常含有重金屬及其他污染物質。若把此種水引入稻田，稻田將全部被污染，被土壤所吸收的重金屬就無法去除，該田就不能再種植糧食作物。例如桃園縣觀音鄉大譚村之稻田被鎘(cd)污染後就成了廢地。彰化縣之花壇鄉也有相同的經驗。

爲避免上述之情形發生，台灣省在67年 7 月公告「台灣省灌漑用水水質標準」規定廢水必經處理後達到一定標準才能放流(表1)。因爲台灣地區水資源分配不均與灌排水系統之管理未盡理想，致使廢污水常被取用作爲灌漑用水。就算是廢污水符合放流水標準其與灌漑專用的水質標準仍有很大距離。

表 1　台灣省灌漑用水水質標準之重金屬限值

重金屬項目	限值 (ppm)	重金屬項目	限值 (ppm)
As	1.0	Hg	0.0005
Cd	0.01	Ni	0.5
Cr	0.1	Pb	0.1
Cu	0.2	Zn	2.0

(引用自吳文娟，1992)

氣象對稻田用水之影響

風、雨、氣溫等氣候因子中對稻田用水影響最大者爲雨量。在雨季所下降的水流入水庫或流失在海中或滲透在土中。在水庫中之水可在稻生長期中使用，若庫存之水用完則轉抽地下水使用。若長久不下雨則無法栽培水稻。

近年來由於工業發達，工場之廢氣所造成空氣污染物可隨空中之降雨而成爲酸雨。酸雨不但直接影響水稻之生育及土壤之污染，且也會影響水庫之水質。台灣也發生過酸雨的問題，但目前情形不嚴重。

氣候對稻田用水有如上述大的影響，而稻田用水之管理對氣象也會有影響，但其影響不如前者那麼大，兩者其實互爲影響的。水稻生長初期都是在湛水狀態中成長，中後期也要時常灌水以補充水分，所以在面積廣闊的水田上面有大量的水氣蒸發或蒸散到空氣中，對空氣濕度和溫度都有調節作用，因而大量栽培水稻可以避免乾風和酷熱，又可防止沙塵到處飛揚

而影響作物生長或人類生活環境。强風的時候稻田乾燥者稻株將嚴重受損，如果適當灌水即可減少風害。

稻田灌排水對生育、產量及品質之影響

根據行政院環保署(1991)之觀察台灣21條河川中嚴重污染者達11.3%，26條次要河川中嚴重污染者有7.6%。還好有60-71%之河水未(稍)受到污染。如何引用未受污染的河水作爲稻田灌溉之用顯得非常重要。

目前政府正在推動生產良質米中，在農林廳主導下已規劃了良質米的適栽區。灌溉水無污染之河域就被規劃爲良質米適栽區。在此區所生產的稻米經化驗證明無污染成分加上食味良好之證明後即可製成有國家標準的CAS 牌稻米上市。此種制度到目前爲止運作情形良好。良質米之生產除選擇良好品種外，需在無污染的河水之引用下栽培，由此可知灌溉水對稻米品質影響之大。

稻生育期間灌排水之方法適當與否對水稻之生育之良否、產量之高低及米的品質之影響也非常之大。水稻需水量因生長時期不同而有很大差別，所以必須依其需要供應水分，才不會浪費灌溉水，又可獲得最適當之生育、產量與品質。通常生育初期多數保持湛水狀態以便獲得最佳生長和分蘗數。到分蘗盛期之後就應開始排水晒田以抑制無效分蘗，同時促進根部往下層生長以及土壤之風化作用。到幼穗期則應灌水同時施肥，孕穗期則酌量控制水分，到抽穗開花期又應充分供應水分，齊穗期以後土壤保持濕潤，這樣稻株就會較爲强壯，倒伏機會較少，產量和品質都會較高。

稻田灌溉方法對水資源之影響

稻田灌溉法可分爲連續灌溉及輪流灌溉(斷續灌溉)二種。連續灌溉者乃自挿秧以後繼續不斷地灌水，自田坵之一邊灌入而從另一端放出，一直到稻成熟期爲止。此種方法水資源之浪費最大。在枯水期，水源不足時此種灌排水法會加速用盡水源極爲浪費。斷續排水法乃配合稻生理之需要調節灌水之時期及深度。稻在挿秧後兩週，稻田水面溝深但以後應保持五公分左右之淺水灌溉。在分蘗期應停止灌水，使稻田保持乾濕之狀態，如此而可促進分蘗數。到開花期再灌水，以提供開花所需要的水，即所謂「花水」。稻米結實期則保持土壤濕潤程度之水分即可。成熟期則完全斷水有利於米粒之成熟及收穫工作。遵守此種原則栽培水稻即可節省寶貴的水資源。

輪流灌溉者乃將有限的水源，分區輪流灌溉至某一區稻田而非爲全面式的灌溉。台灣南部的嘉南平原，經常實行輪流灌溉制度，成功地把有限的水按照稻生理所需時期分區輪流灌溉至特定稻田獲得非常良好的效果。

在水源極少的沙烏地阿拉伯及非洲國家，需利用耐旱性强的旱稻栽培外，有時也利用極省水的滴灌式灌溉方式種植作物。在工業用水、養殖用水及農業用水彼此競爭之情形下，在乾旱季節實施輪流灌溉爲良好的策略。

稻田輪作對生態系之影響

台灣因爲食米之消費量減少，而稻米生產量之反而增加，在食米無法打開國際市場之情形下，政府推行稻田之轉作已有多年。推行稻田輪作之政策移在農田上所生長作物由單一栽培(monoculture) 水稻轉爲玉米、高粱、花生、蔬菜、果樹及花卉等之多樣化生產(polyculture)型態。由於此種轉變，鄉村之生態發生了很大的改變。

其影響第一爲消費大量水資源之稻栽培轉變爲需水量較少的雜糧及園藝作物，因此用水量可以大爲節省。第二爲因爲作物種類增加而農村景觀大爲改變。第三爲以水稻爲主的耕作制度變爲以多種作物爲主之輪作制度。第四爲由於實際輪作制度土壤生態系也大爲改變。

1.稻田輪作(輪作)之土壤肥力之改進

彭武男氏等(1992)在以水稻、花生、玉米及高粱爲主的輪作制度連續五年的研究中得知，稻連作後五年之有機質含量增加0.37％，水稻與花生輪作者增加爲0.43％，玉米與水稻輪作者增加爲0.70 ％，土壤有機質之含量隨輪作而增加之情形甚爲明顯。

2.輪作對稻田病蟲害生態之改變

根據李文輝氏(1991)，水稻→水稻連作之下稻紋枯病之罹病率爲78％，但在大豆→水稻→玉米之輪作下，其發病率可減爲17％。又根據台中場1987 – 1990年間之試驗結果表示，在水稻－水稻連作下一期作之二化螟之發生率爲4.2%，但玉米與水稻輪作後則其發生率爲 0 。

表 2　不同輪作之水稻紋枯病害之罹病率

輪作制度	期作別	紋枯病	
		罹病程度	罹病率％
水稻 - 水稻	1989二期作	* * * *	78
大豆 - 水稻 - 玉米	1989二期作	* *	17

(引用自李文輝，1991)

3. 稻田轉作其他作物，除對地下水資源之涵養有影響外，農業地區之氣象可能也會有很大的改變，如氣溫變化較快，空氣較爲乾燥，飛塵量也可能大幅增加。

推行水稻之有機栽培以維護稻田之生態

如前所述，現代稻之栽培注重於化學肥料及化學農藥之使用，顯然因此而提高了產量，但對環境的污染之衝擊也很大。爲解決生產與生態維持兩全其美的理想，稻之有機栽培法應予推行。所謂有機栽培乃以使用堆肥而不施用(或施極少量)化學肥料及化學農藥來生產水稻的方法。根據台中農改場謝慶芳(1992)之研究，有機水稻之產量在實施初期較慣行化肥使用

農法稍低，但若連續多年繼續大量施用堆肥時其產量與化肥施用已毫無差別，筆者在日本所看到有機米之生產情形亦如此。

根據謝慶芳(1992)訪問日本長野縣自然農法栽培農家中村雄一氏之經驗談，實施有機農法之水稻完全不會產生稻飛蝨及浮塵子等蟲害，但可看到少數的螟蟲爲害。如此不必噴農藥可維護稻田之生態。又根據謝慶芳(1992)之研究，採行有機栽培之稻田土壤有機質磷、鉀都有增加(表 3)，稻米之磷鉀含量也較高(表 4)。

表 3　實行有機栽培試驗兩年之稻田土壤分析結果

處　理	pH	EC mmhos /cm	有機質 %	有效磷 ppm	交換性陽離子 鈣	鎂	鈉	鉀	可萃取性微量元素 鐵	錳	鋅	銅
					-------ppm-------				------ppm------			
慣行農法	7.7	0.38	1.89	69	1997	199	65	39	739	123	10	7.5
折中農法	7.7	0.44	2.19	44	1964	215	85	34	568	112	10	8.1
豬糞堆肥	7.8	0.37	2.18	94	1861	212	76	58	616	94	13	8.8
雞糞堆肥	7.8	0.38	1.99	00	1726	185	69	72	641	118	16	7.7

(引用自謝慶芳，1992)

表 4　臺中189號糙米之分析結果

處　理	氮	磷	鉀	鈣	鎂	鈉	鐵	錳	鋅	銅
	---------------		%		-----------------		--------	ppm		---------
慣行農法	0.84	0.13	0.28	0.025	0.096	0.11	13	26	14	3.8
折中農法	0.92	0.23	0.31	0.022	0.100	0.10	13	26	14	3.8
豬糞堆肥	0.85	0.18	0.31	0.025	0.099	0.11	12	27	17	3.3
雞糞堆肥	0.93	0.21	0.31	0.023	0.096	0.11	15	28	12	2.9

(引用自謝慶芳，1992)

由此可知稻之有機栽培，可減少病蟲害，稻米之品質也因而提高，同時也可以兼顧生產及稻田生態之維護，因此應予大力推行。

結　論

現代的稻米生產依靠施用昂貴的無機化學肥料及化學合成農藥。這種生產方式促進了生產力，但是由於大量的生產，常常導致生產過剩，價格低落，反而影響農家的收益。此種作

物之集約栽培方式，也常常加速了土壤之沖刷及地上、地下水之污染。如此下去農業之延續就成了問題。

由於此種問題愈來愈受世人之關心，所以人們感到需要一種不依靠化學肥料、農藥及能源需少的農業生產體系。在這種永續性農業生產體系下，生產成本就可減少，產量也可以保持穩定，因此可以提高收益。另一方面可以減少發生環境生態之衝擊問題。一些農場採用需高投入的集約栽培體制，結果發生更多的病蟲害，更多的雜草及其他不良影響。因此當我們急需實行永續性農法，一方面可以增加作物的產量，另一方面可以維護自然生態，而對環境不會構成很大的污染問題。永續性農業之實施，必須不傷害自然生態環境，同時在經濟上合算之前提下才能實行。在亞熱帶地區實施永續性農業時，所面對最大的困難是：如何在不施化學農藥爲前提下之自然方法，來控制田間病蟲害問題。關於此點尙待研究。

總而言之，水稻是一種非常野性而强健之農作物，它的栽培不一定要使用化學肥料和化學農藥，只要使用一些簡單之有機質和自然農藥即可栽培成功，所以它是熱帶和亞熱帶地區最好的自然食品來源。由於它淨化空氣、土壤和水質之能力都强，其栽培又有調節氣候、美化鄉間環境之良好功能，我們應該重視它，並朝著這些方向加强研究發展，使它繼續發揚光大起來。

參考文獻

孫明賢　1991　從維護自然生態談到有機農業之推展。自然農法創刊號20－25頁　國際美育自然生態基金會出版

李文輝　1991　耕作制度影響土壤肥力及作物產量之研究。輪作制度對土壤肥力及作物之影響研討會論文專集95-110頁　中華土壤肥料學會編印

行政院環保署　1991　水質保護問題策略

吳文娟　1992　台灣地區農田土壤污染與引灌水問題之探討。　農業資材對環境之影響研討會論文集　219－231頁　中華生質能源學會出版

彭武男、邱發祥、戴　堯、黃義雄、林文龍1992　水稻旱作輪作制度與土壤理化性、病蟲害發生及作物生產力之關係。水稻旱作輪作制度與土壤理化性、病蟲害發生及作物生產力之關係試驗報告　20－39頁　台南區農改場編印

謝森展　1992　永續農業與環境保護必須齊頭並進。自然農法第 7期1－2頁 國際美育自然基金會出版

謝森展　1992　經濟發展需要建立環境保護共識。自然農法第8期 1-2頁 國際美育自然基金會出版

謝順景　1992　自然農法之理念及其在亞熱帶地區之實行方法(英文) 自然農法　第8期　34-44頁　國際美育自然生態基金會出版

謝順景　1992　從耕作制度之改進推展永續性農業。中華民國農學團體81年聯合年會中心議題討論主題－因應時代趨勢推展永續性農業　2-13頁

謝慶芳　1992　水稻有機栽培法　81年度有機農業栽培訓練講義　1－6頁　台中區農改場編印

Effect of Rice Field Ecology on the Environmental Preservation

Shen-chan Hsieh

Abstract

Modern farmers depend on expensive chemical fertilizers and chemical pesticides to grow rice which resulted in soil and water polutions. The ways of coping with this problem was discussed with regards to te following respects:(1) Global environmental and ecological changes caused by agricultural and industrial activities; (2) The problems encounterd in the course of rice production insubtropics; (3)The ecology of rice and its function; (4) Effects of water management on the ecology of rice field; (5) The meteorological effects on irrigation water in the rice field; (6) Effects of irrigation and drainage on the growth of rice plant and yield and also rice grain quality ; (7) Effects of irrigation methods on water resource preservation; and (8) Effects of crop rotation on the ecological system. In order to reduce the environmental impact due to the conventional farming practice, organic culture of rice by using organic manure and integrated pest management (IPM) was stressed.